

STUDI ANALISA ATAP RANGKA BAJA MODEL PARALEL DAN SEGITIGA BERDASARKAN SNI 03-1729-2002

Safrin Zuraidah¹⁾, Budi Hastono²⁾, Yasir Arofah³⁾.

¹⁾Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Dr. Soetomo Surabaya
Jl Semolowaru No.84, 60118

Email : safrin.zuraidah@unitomo.ac.id

²⁾Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Dr. Soetomo Surabaya

Email : budi.hastono@unitomo.ac.id

³⁾Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Dr. Soetomo Surabaya

Email : yasirarofah05@gmail.com

Abstract

Steel truss roof for industrial buildings has a variety of models, including Gable frame model, Parallel, Polenciou, Triangle, and others. Each model has different strengths in accepting loads that work on building structures. The purpose of this study was to compare steel frame horses Parallel Model and Steel Triangle using a double-angled foot profile based on SNI 03-1729-2002 which resulted in a robust and efficient design with a stretch of 20 m and 30 m. From the analysis, it is found that the steel roof structure uses the most efficient foot double foot profile on the span of 20 m and 30 m that is parallel model compared to the triangle model of the total weight percentage of 3.66%. 8.57% of the total weight of the triangle model.

Keywords : profile, design, efficient, parallel, triangle

Abstrak

Atap rangka baja untuk bangunan industri mempunyai berbagai macam model, diantaranya model batang Tunggal Paralel, Polenciou, Segitiga, dan lain-lain. Masing-masing model mempunyai kekuatan yang berbeda-beda dalam menerima beban yang bekerja pada struktur bangunan. Tujuan dari penelitian ini untuk membandingkan atap rangka baja Model Paralel dan Segitiga baja menggunakan profil *double* siku sama kaki berdasarkan SNI 03-1729-2002 yang menghasilkan desain yang kuat dan efisien dengan lebar bentangan 20 m dan 30 m. Dari hasil analisa yang didapatkan, bahwa struktur atap baja menggunakan profil *double* siku sama kaki yang paling efisien pada bentangan 20 m dan 30 m yaitu model paralel dibandingkan model segitiga dari prosentase berat total masing-masing sebesar 3,66%. 8,57% dari berat total model segitiga.

Kata kunci : profil, desain, efisien, paralel, segitiga

PENDAHULUAN

Pergudangan mempunyai peranan sangat penting untuk penyimpanan produk sebelum melaksanakan distribusi ke pasar, oleh karena itu dibutuhkan konstruksi bangunan yang dapat mengakomodasi keperluan dengan aman, ekonomis dan kuat. Sehingga memicu berbagai solusi untuk menyelesaikan permasalahan pembangunan gudang pabrik dengan cara memodifikasi konstruksi yang berupa perbandingan model konstruksi yang lebih kuat, ringan dan murah guna mendapatkan bangunan yang nyaman dan aman sesuai perundangan konstruksi tentang standarisasi.

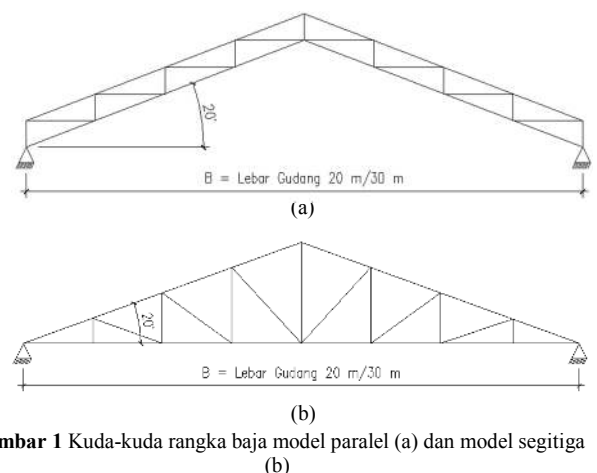
Konstruksi baja menjadi pilihan yang tepat pada pembangunan gudang pabrik, sebab konstruksi baja dengan bentangan panjang lebih efisien untuk bentang panjang, serta banyak tersedia di pasaran macam tipe material baja).

Konstruksi baja ialah sebuah struktur rangka baja yang terdiri dari susunan beberapa batang-batang baja yang disambung menjadi kumpulan-kumpulan bentuk segitiga yang banyak pada atap bangunan. Atap sendiri merupakan bagian dari bangunan yang letaknya berada dibagian paling atas, bisa di katakan jika konstruksi baja ini merupakan rangka di bagian atap sebuah bangunan besar seperti bangunan pabrik, gudang pabrik. Untuk itu penelitian ini, melakukan studi analisa kuda-kuda rangka baja dengan perbandingan model paralel dan segitiga

ditinjau dari segi kekuatan dan efisien, sesuai SNI 03-1729-2002

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui stabilitas dan kekuatan dari dua model kuda-kuda rangka baja dengan bentangan yang berbeda.
2. Untuk menentukan desain konstruksi kuda-kuda rangka baja yang paling kuat dan efisien dari 2 model yang sudah dianalisa



Gambar 1 Kuda-kuda rangka baja model paralel (a) dan model segitiga (b)

TINJAUAN PUSTAKA

Struktur atap yaitu bagian bangunan yang menahan atau mengalirkan beban-beban dari atap. Struktur atap terbagi menjadi rangka atap dan penopang rangka atap.

Rangka atap berfungsi menahan beban dari bahan penutup atap sehingga umumnya berupa susunan balok-balok dari kayu, bambu, baja secara vertikal dan horizontal, kecuali pada struktur atap dak beton, berdasarkan posisi inilah maka muncul istilah gording, kasau dan reng. Susunan rangka atap dapat menghasilkan lekukan pada atap jurai dalam atau jurai luar dan menciptakan bentuk atap tertentu.

Penelitian Sebelumnya

Azhari dkk, 2015. Menyatakan analisa perencanaan kuda-kuda jenis rangka *Howe* dan rangka *Pratt* dengan bentangan 9 m kemiringan kuda-kuda 35°, tanpa meninjau sambungan, pelat buhul dan pelat kopel rangka jenis *Howe* lebih ringan 20,7% dari pada rangka *Pratt*.

Istiqomah, Ade Tias, 2015. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan kuda-kuda model *polenciau* dengan bentangan kuda-kuda 27 m kemiringan atap 25° dan menggunakan baja profil double siku sama kaki 80.80.14, 75.75.10 serta 50.50.5 kontrol dimensi pada rangka batang tidak melebihi ijin perundangan konstruksi yang digunakan.

Jibja, Billah Wirat, 2016. Menyatakan hasil penelitian penggunaan kuda-kuda jenis rangka lengkung dengan bentangan 54 m dan kemiringan atap 8°, tanpa meninjau sambungan, pelat buhul dan pelat kopel sistem rangka batang lebih hemat berat strukturnya 13,89% dibandingkan WF *honeycomb* dan 47,21% dibandingkan WF biasa.

Sifat-sifat Mekanis Baja

Sifat-sifat mekanis baja dijelaskan dalam peraturan perundangan konstruksi Indonesia (SNI-03-1729-2002), untuk sifat-sifat mekanis dari material baja dapat dilihat tabel dibawah ini:

Tabel . 1 Sifat Mekanis Baja

Modulus Elastisitas, E	200.000 MPa
Modulus Geser, G	80.000 MPa
Angka poisson, μ	0.30
Koefisien muai panjang, α	12.10 $^{-6}/^{\circ}\text{C}$

Sumber, SNI-03-17-2002, pasal 5.1.3)

Modulus geser (G) setiap bahan elastis dirumuskan sebagai berikut:

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)} \quad (1)$$

Sedangkan untuk tegangan leleh dan tegangan putus tidak boleh diambil melebihi nilai-nilai yang sudah ditetapkan pada SNI 03-1729-2002, tabel 5.3, yaitu:

Tabel 2 Tegangan Leleh dan Tegangan Putus

Macam Baja	Tegangan Putus Minimum	Tegangan Leleh Minimum	Regangan Minimum
	f_u (MPa)	f_y (MPa)	%
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

(Sumber, SNI-03-17-2002, tabel 5.3)

MPa = Mega pascal (sistem internasional) = 10 kg/cm²

Desain LRFD Struktur Baja

Secara umum, suatu struktur dikatakan aman apabila memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$\phi R_n = \sum \gamma_i - Q_i \quad (2)$$

Dimana:

ϕR_n = Tahanan rencana

$\sum \gamma_i - Q_i$ = Jumlah beban terfaktor

ϕ = Faktor tahanan

R_n = Tahanan nominal

γ_i = Faktor beban

Q_i = Beban mati, beban hidup, angin dan gempa

Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yaitu tahanan rencana lebih besar dari total beban-beban kerja dikalikan dengan suatu faktor beban. Untuk kombinasi pembebanan ditentukan SNI 03-1729-2002, pasal 6.2.2, sebagai berikut:

$$1. 1,4D \dots \dots \dots (3-a)$$

$$2. 1,2D + 1,6L + 0,5(L_a \text{ atau } H) \dots \dots \dots (3-b)$$

$$3. 1,2 D + 1,6 (L_a \text{ atau } H) + (\gamma_L L \text{ atau } 0,8 W) \dots (3c)$$

$$4. 1,2 D + 1,3 W + \gamma_L L + 0,5 (L_a \text{ atau } H) \dots (3-d)$$

$$5. 1,2 D \pm 1,0 E + \gamma_L L \dots \dots \dots (3-e)$$

$$6. 0,9D \pm (1,3W \text{ atau } 1,0E) \dots \dots \dots (3-f)$$

Struktur Tarik

Komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial terfaktor N_u , harus memenuhi:

$$N_u \leq \phi N_n \dots \dots \dots (4)$$

Dengan ϕN_n yaitu kuat tarik rencana yang besarnya diambil sebagian nilai terendah diantara dua perhitungan menggunakan harga-harga ϕ dan N_n sebagai berikut:

➤ Kontrol leleh (tengah batang)

$$\begin{aligned} \phi &= 0,9 \\ N_n &= A_g f_y \end{aligned} \quad (5)$$

➤ Kontrol patah (daerah sambungan)

$$\begin{aligned} \phi &= 0,75 \\ N_n &= A_e f_u \end{aligned} \quad (6)$$

Batas kelangsingan mengalami gaya tarik pasal 7.6.4 SNI 03-1729-2002 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\lambda_{\max} &= 240 \text{ (struktur utama)} \\ \lambda_{\max} &= 300 \text{ (struktur sekunder)} \\ \text{Angka kelangsingan} &\rightarrow \lambda = \frac{L}{r}\end{aligned}\quad (7)$$

Struktur Tekan

Suatu komponen struktur mengalami gaya tekan konsentrasi, akibat beban terfaktor N_u , berdasarkan SNI 03-1729-2002, pasal 9.1 harus memenuhi.

$$N_u < \phi_c \cdot N_n \quad (8)$$

N_n = Kuat tekan nominal komponen struktur yang ditentukan sebagai berikut:

Dimana penampang mempunyai perbandingan lebar terhadap tebalnya lebih kecil dari pada λ_r (SNI 03-1729-2002, tabel 7.5-1) daya dukung nominal komponen struktur tekan dihitung sebagai berikut:

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega} \quad (9a)$$

$$\frac{f_{cr}}{f_y} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2 f_y} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega} \quad (9-b)$$

$$\text{Sehingga: } \rightarrow \lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad (9-c)$$

Dimana:

Besaran ω ditentukan oleh λ_c , yaitu:

$$\lambda_c < 0,25 \quad \text{Maka, } \omega = 1$$

$$0,25 < \lambda_c < 1,2 \quad \text{Maka, } \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c}$$

$$\lambda_c > 1,2 \quad \text{Maka, } \omega = 1,25 \lambda_c^2$$

➤ Faktor Tekuk

Harga ω dapat ditentukan dengan persamaan:

$$\lambda_g = \pi \sqrt{\frac{E}{0,7 \cdot \sigma \cdot I}} \quad (10-a)$$

$$\lambda_s = \frac{\lambda}{\lambda_g} \quad (10-b)$$

Dimana:

λ = Angka kelangsingan batang

s = Jarak antara sumbu-kesumbu dari baut yang berurutan

$$\begin{aligned}\text{Untuk: } \lambda_s &\leq 0,183 \rightarrow \text{maka } \omega = 1 \\ 0,183 &< \lambda_s < 1 \text{ maka } \omega \\ \lambda_s &\geq 1 \rightarrow \text{maka } \omega = 2,381 \lambda_s^2\end{aligned}$$

➤ Kelangsingan batang struktur tekan

Kelangsingan pada batang struktur tekan dapat dicari dengan persamaan:

$$\lambda_s = \frac{L_k}{i} \leq 200 \quad (11)$$

Dimana:

L_k = Panjang tekuk batang

i = Jari-jari kelembaman batang

➤ Kelangsingan elemen penampang $< \lambda_r$

Dimana:

$$\lambda_r = \frac{250}{\sqrt{f_y}} \text{ (SNI 03-1729-2002, tabel 7.5-1) untuk}$$

elemen profil siku.

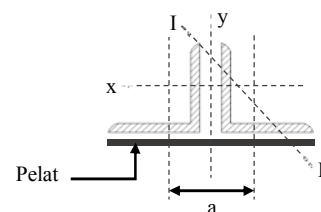
Kelangsingan pada arah tegak lurus sumbu $x-x$ (SNI 03-1729-2002, hal 29) dihitung dengan persamaan (2.40):

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} \leq 200 \quad (12)$$

Dimana:

L_{kx} = Panjang tekuk komponen tersusun pada arah tegak lurus sumbu $x-x$, dengan memperhatikan pengeang lateral yang ada, dan kondisi ujung-ujung komponen struktur (mm)

i_x = Jari-jari girasi komponen struktur pada arah sumbu $x-x$



Gambar 2. Potongan profil doublen siku

Pada arah tegak lurus sumbu $y-y$, harus dihitung kelangsingan ideal λ_{iy} dengan persamaan:

$$\lambda_{ix} = \sqrt{\lambda_y^2 + \frac{m}{2} \lambda I^2} \quad (13)$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{r_y} \leq 200 \quad (14)$$

$$\lambda I = \frac{L I}{r_{min}} \leq 50 \quad (15)$$

Dimana:

m = Jumlah profil

L_{ky} = Panjang tekuk komponen struktur pada arah tegak lurus sumbu $y-y$, dengan memperhatikan pengeang lateral dan kondisi jepit ujung-ujung komponen struktur (mm)

r_y = Jari-jari girasi komponen struktur pada arah komponen struktur tekan (mm)

LI = Spasi antara pelat kopel pada arah komponen struktur tekan (mm)

r_{min} = Jari-jari girasi komponen struktur terhadap sumbu yang memberikan nilai terkecil

Sambungan baut

➤ Jarak Baut dan Diameter Lubang Baut

Jarak baut antara sumbu pusat lubang baut dan antara sumbu baut ujung bagian yang disambung, menurut SNI 03-1729-2002, pasal 13.4 diantaranya:

- Jarak sumbu lubang baut pusat

$$3d_{lubang} \leq S \leq 15t_b \text{ atau } 200\text{mm} \quad (16-a)$$

- Jarak sumbu lubang baut ujung atau tepi

$$1,5 d_{\text{lubang}} \leq U_1 \leq (4 t_b + 100\text{mm})$$

$$\text{atau } 200\text{mm} \quad (16-b)$$

$$U_2 \leq (12 t_b + 150\text{mm}) \quad (16-c)$$

Dimana:

d_{lubang} = Diameter lubang (mm)

t_b = Tebal plat yang disambung (mm)

- Diameter lubang baut, menurut SNI 03-1729-2002, pasal 17.3.6 yaitu:

a. Diameter baut $\leq 24\text{mm}$, maka diameter lubang + 2mm

b. Diameter baut $\geq 24\text{mm}$, maka diameter lubang + 3mm

➤ Kuat Baut Memikul Beban

Syarat umum yang harus dipenuhi dalam merencanakan baut, menurut SNI 03-1729-2002, pasal 13.2.2 yaitu:

$$R_u \leq \phi R_n \quad (17)$$

Kuat geser nominal baut (V_n)

$$V_n = r_1 f_u^b A_b m \quad (18)$$

Dimana:

r_1 = 0,50 tanpa ulir pada bidang geser baut

r_1 = 0,40 ada ulir pada bidang geser baut

f_u^b = Tegangan tarik putus baut

A_b = Luas bruto penampang baut

m = Jumlah bidang geser

$$\rightarrow \text{Kuat rencana: } V_d = \phi_f V_n \quad (18a)$$

➤ Kuat tumpu nominal baut dengan plat

$$R_t = 2,4 d_b t_p f_u \quad (19)$$

Dimana:

d_b = Diameter lubang (mm)

t_p = Tebal plat yang disambung (mm)

f_u = Tegangan tarik putus terkecil antara baut dan plat

$$\rightarrow \text{Kuat rencana: } V_t = \phi_f R_n \quad (19a)$$

Kuat baut Rencana:

ϕR_n diambil dari yang terkecil antara persamaan (18a) dan (19a)

➤ Kuat tarik nominal baut

$$T_n = 0,75 f_u^b A_b \quad (20)$$

Dimana:

f_u^b = Tegangan tarik putus baut

A_b = Luas bruto penampang baut

$$\rightarrow \text{Kuat rencana: } T_d = \phi_f T_n \quad (21)$$

METODOLOGI

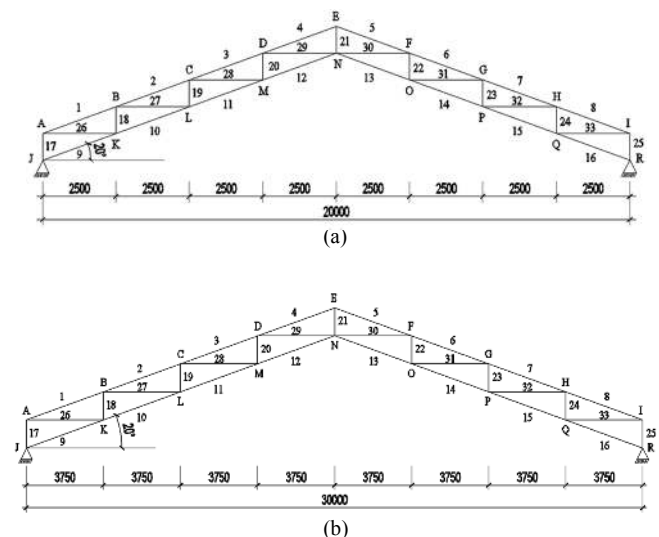
Metodologi pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahap meliputi, pengumpulan data, analisa perhitungan dan kesimpulan. Sebelum tahap analisa perhitungan

dimulai terlebih dahulu ditentukan parameter-parameter perencanaan seperti diperlihatkan pada Tabel 3.1 dan Gambar 3.2. Variasi bentang kuda-kuda rangka baja hanya dilakukan pada jenis rangka batang yaitu rangka model paralel dan rangka model segitiga. Dimensi rangka batang yang ditetapkan beserta penomoran batangnya diperlihatkan pada Gambar 3.1.

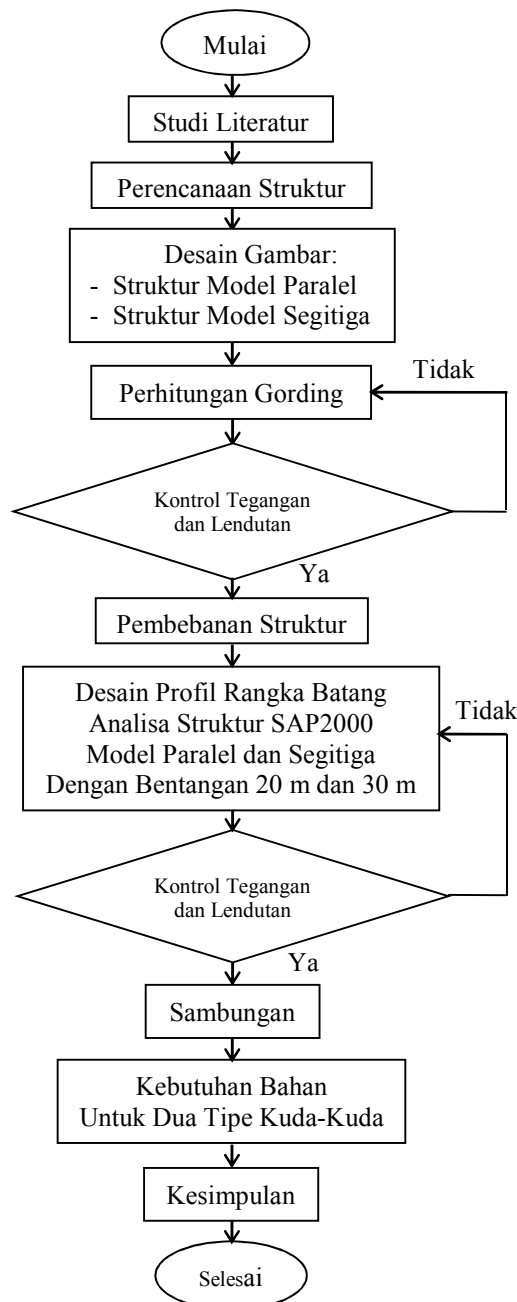
Tabel 3. Data Perencanaan Kuda-kuda Baja

No	Data	Keterangan
1	Jenis bangunan	Tertutup (Gudang)
2	Jenis struktur	Rangka batang statis tak tentu
3	Panjang bangunan	66 m
4	Lebar bangunan	20 m dan 30 m
5	Jarak portal/kuda-kuda	6 m
6	Kemiringan kuda-kuda	20°
7	Peraturan pembebanan	Peraturan perencanaan
8	Mutu baja	PPIUG 1983
9	Profil gording	
10	Profil batang	SNI 03-1729-2002
11	Penutup atap	Baja <i>lip channels</i>
12	Tebal pelat simpul dan kopel	Baja <i>double</i> siku sama kaki
13	Sambungan	Seng gelombang
14		10 mm
15		Baut

Perhitungan dimulai terhadap panjang batang, lalu dilanjutkan dengan perhitungan beban serta mendimensi gording. Beban yang bekerja pada rangka batang didistribusikan pada titik-titik buhul. Beban-bekan tersebut kemudian dimasukkan ke dalam Anlisa Struktur dengan menggunakan SAP2000 v.14.0.0. Selanjutnya dapat dicari ukuran jenis gaya yang diterima tiap-tiap batang yang terbesar pada profil batang, terdiri dari batang tarik dan batang tekan sesuai konfigurasi masing-masing penampang.



Gambar 3. Dimensi Kuda-kuda rangka baja model paralel 20 m (a) dan model paralel 30 m (b)



Gambar 4. Diagram alir penelitian

Perencanaan Batang Tarik

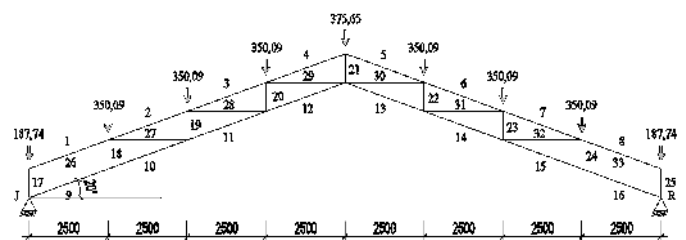
Elemen rangka batang terdiri dari batang tarik dan batang tekan. Perencanaan batang tarik lebih sederhana dari pada perencanaan batang tekan. Dasar perencanaan batang tarik memakai Persamaan (4). Ukuran profil batang tarik dipilih berdasarkan luas penampang netto yang didapat dari persamaan tersebut. Dalam penelitian/perencanaan ini sebagai alat sambung dipakai baut,

Perencanaan Batang Tekan

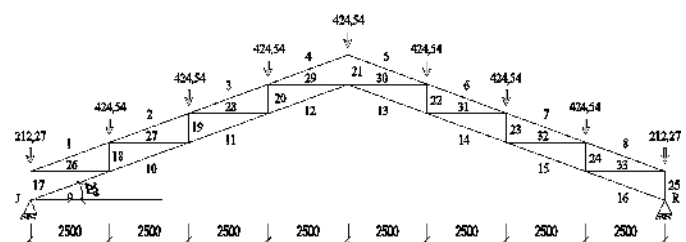
Prinsip dasar perencanaan batang tekan ditunjukkan dengan Persamaan (8). yang menunjukkan perlunya/adanya stabilitas batang terhadap bahaya tekuk. Faktor tekuk dapat dicari pada daftar tekuk dalam SNI 03-1729-2002 berdasarkan nilai kelangsingan maksimum antara Persamaan (11) sampai Persamaan (15). Setelah perencanaan kuda-kuda selesai hingga pemeriksaan lendutannya, maka berat total kedua jenis kuda-kuda dapat dihitung, yaitu dengan menjumlahkan berat masing-masing batang. Akhirnya dapat diketahui jenis mana yang lebih ringan yang secara umum merupakan yang paling efisien (ekonomis).

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

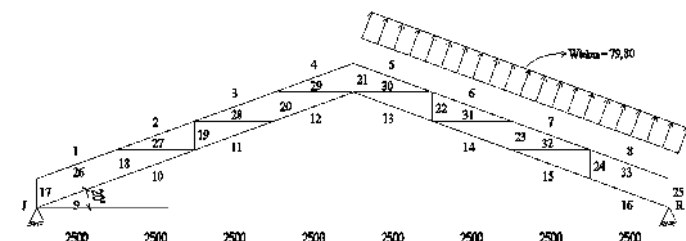
Dari hasil perhitungan beban serta pelimpahannya pada rangka atap diperlihatkan pada Gambar 4.1 sampai Gambar 4.6. Untuk beban angin arah tekan diabaikan karena koefisien pada angin tekan hasilnya 0 kg dan besarnya beban pada rangka model paralel sama dengan rangka model segitiga, namun pada gambar hanya ditunjukkan untuk jenis rangka model paralel bentang 20 m dan 30 m, diantaranya:



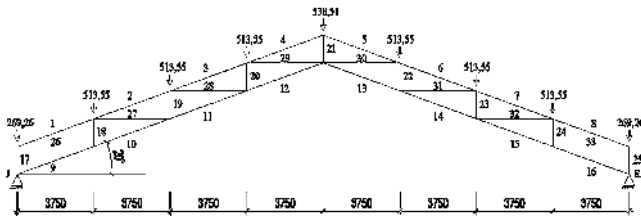
Gambar 5. Beban mati (kg) pada rangka atap bentang 20 m



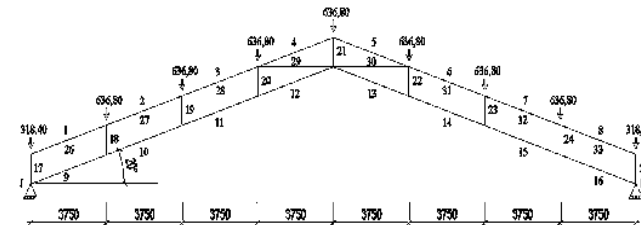
Gambar 6. Beban hidup (kg) pada rangka atap bentang 20 m



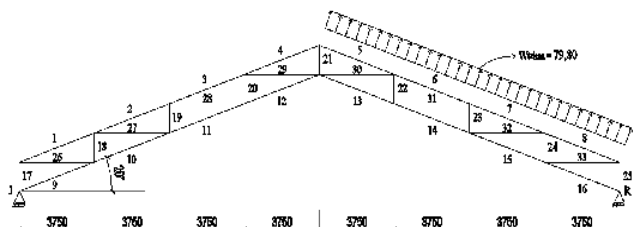
Gambar 7. Beban angin (kg) pada rangka atap bentang 20 m



Gambar 8. Beban mati (kg) pada rangka atap bentang 30 m



Gambar 9. Beban hidup (kg) pada rangka atap bentang 30 m



Gambar 10. Beban angin (kg) pada rangka atap bentang 30 m

Perencanaan Profil Rangka Batang

Perencanaan kedua jenis model rangka batang dengan bentang 20 m dan 30 m dilakukan dengan bantuan program Analisa Struktur SAP2000 serta berdasarkan persamaan-persamaan di atas dengan merujuk data dalam Tabel 3 Dalam perencanaan ini gaya dalam terbesar pada kombinasi 2, serta dimensi profil minimum dibatasi, sambungan dan pelat kopel ditinjau. Hasil perhitungan selengkapnya ditampilkan dalam Tabel 4 sampai Tabel 7.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Rangka Model Paralel 20 m

No. Batang	Gaya (kg)		Profil	Berat double Profil (kg/m)	Panjang (m)	Berat Batang (kg)
	Tekan	Tarik				
1 = 8			2L60.60.6	10,84	2,660	57,67
2 = 7	6545		2L60.60.6	10,84	2,660	57,67
3 = 6	43		2L60.60.6	10,84	2,660	57,67
4 = 5			2L60.60.6	10,84	2,660	57,67
9 = 16		977,93	2L60.60.6	10,84	2,660	57,67
10 = 15			2L60.60.6	10,84	2,660	57,67
11 = 14			2L60.60.6	10,84	2,660	57,67
12 = 13			2L60.60.6	10,84	2,660	57,67
17 = 25	7319,		2L30.30.3	2,72	0,910	4,95
18 = 24	31		2L30.30.3	2,72	0,910	4,95
19 = 23			2L30.30.3	2,72	0,910	4,95
20 = 22			2L30.30.3	2,72	0,910	4,95
21	2319,		2L30.30.3	2,72	0,910	2,47
26 = 33		736,44	2L50.50.7	10,30	2,500	51,50
27 = 32			2L50.50.7	10,30	2,500	51,50
28 = 31	517	4723,0	2L50.50.7	10,30	2,500	51,50
29 = 30	9,74	2	2L50.50.7	10,30	2,500	51,50
Berat Total Rangka Profil 1 Kuda-kuda						689,63

Tabel 5. Hasil Perhitungan Rangka Model Segitiga 20 m

No. Batang	Gaya (kg)		Profil	Berat double Profil (kg/m)	Panjang (m)	Berat Batang (kg)
	Tekan	Tarik				
1 = 8	12603,		2L70.70.7	14,76	2,660	78,53
2 = 7	35		2L70.70.7	14,76	2,660	78,53
3 = 6			2L70.70.7	14,76	2,660	78,53
4 = 5			2L70.70.7	14,76	2,660	78,53
9 = 16		1238,44	2L45.45.5	6,76	2,500	33,80
10 = 15			2L45.45.5	6,76	2,500	33,80
11 = 14			2L45.45.5	6,76	2,500	33,80
12 = 13	2073,9		2L45.45.5	6,76	2,500	33,80
17 = 23	4		2L45.45.5	6,76	0,910	12,31
18 = 22			2L45.45.5	6,76	1,820	24,61
19 = 21			2L45.45.5	6,76	2,730	36,91
20		3798,48	2L45.45.5	6,76	3,640	24,61
24 = 29			2L45.45.5	6,76		
25 = 28	2523,3		2L65.65.7	13,66	2,660	72,67
26 = 27	8		2L65.65.7	13,66	3,092	84,50
			2L65.65.7	13,66	3,702	101,14
Berat Total Rangka Profil 1 Kuda-kuda						806,07

Tabel 6. Hasil Perhitungan Rangka Model Paralel 30 m

No. Batang	Gaya (kg)		Profil	Berat double Profil (kg/m)	Panjang (m)	Berat Batang (kg)
	Tekan	Tarik				
1 = 8			2L80.80.10	23,80	3,991	189,97
2 = 7			2L80.80.10	23,80	3,991	189,97
3 = 6	10604,		2L80.80.10	23,80	3,991	189,97
4 = 5	97		2L80.80.10	23,80	3,991	189,97
9 = 16		1514,02	2L80.80.10	23,80	3,991	189,97
10 = 15			2L80.80.10	23,80	3,991	189,97
11 = 14			2L80.80.10	23,80	3,991	189,97
12 = 13	11769,8		2L80.80.10	23,80	3,991	189,97
17 = 25	0		2L35.35.4	4,20	1,365	11,47
18 = 24			2L35.35.4	4,20	1,365	11,47
19 = 23			2L35.35.4	4,20	1,365	11,47
20 = 22		1251,85	2L35.35.4	4,20	1,365	11,47
21	3710,5		2L35.35.4	4,20	1,365	5,73
26 = 33	8		2L75.75.7	15,88	3,750	119,10
27 = 32	8338,	7635,96	2L75.75.7	15,88	3,750	119,10
28 = 31	25		2L75.75.7	15,88	3,750	119,10
29 = 30			2L75.75.7	15,88	3,750	119,10
Berat Total Rangka Profil 1 Kuda-kuda						2047,77

Tabel 7. Hasil Perhitungan Rangka Model Segitiga 30 m

No. Batang	Gaya (kg)		Profil	Berat double Profil (kg/m)	Panjang (m)	Berat Batang (kg)
	Tekan	Tarik				
1 = 8	20991,64		2L90.90.13	34,20	3,991	272,98
2 = 7			2L90.90.13	34,20	3,991	272,98
3 = 6			2L90.90.13	34,20	3,991	272,98
4 = 5			2L90.90.13	34,20	3,991	272,98
9 = 16		2030,12	2L65.65.7	13,66	3,750	102,45
10 = 15			2L65.65.7	13,66	3,750	102,45
11 = 14			2L65.65.7	13,66	3,750	102,45
12 = 13	3414,24		2L65.65.7	13,66	3,750	102,45
17 = 23			2L60.60.6	10,84	1,365	29,60
18 = 22			2L60.60.6	10,84	2,730	59,19
19 = 21			2L60.60.6	10,84	4,095	88,78
20		6494,43	2L60.60.6	10,84	5,460	59,19
24 = 29			2L100.100.10	30,20	3,991	241,06
25 = 28			2L100.100.10	30,20	4,638	280,14
26 = 27	4252,65		2L100.100.10	30,20	5,553	335,40
Berat Total Rangka Profil 1 Kuda-kuda						2594,98

Rekapitulasi Hasil Perhitungan

Tabel 8. Hasil Perhitungan Berat Kontruksi Model Paralel

No	Jenis Struktur (kg)	Model Kuda-kuda Paralel	
		20 m	30 m
1	Rangka Batang	7585,90	22525,47
2	Gording	9884,16	14277,12
3	Pengg. Gording	51,51	77,26
4	Ikatan Angin	150,12	187,00
5	Baut	23,57	44,82
6	Berat Atap	15833,12	23069,68
Jumlah Total		33528,38	60181,35

Tabel 9 Hasil Perhitungan Berat Kontruksi Model Segitiga

No	Jenis Perhitungan (kg)	Model Kuda-kuda Segitiga	
		20 m	30 m
1	Rangka Batang	8866,79	28544,79
2	Gording	9884,16	14277,12
3	Pengg. Gording	51,51	77,26
4	Ikatan Angin	150,12	187,00
5	Baut	31,06	62,09
6	Berat Atap	15833,12	23069,68
Jumlah Total		34816,75	66217,94

Tabel 10. Hasil Perhitungan Pelat Simpul dan Pelat Kopel

No	Jenis Perhitungan (kg)	Model Kuda-kuda Paralel		Model Kuda-kuda Segitiga	
		20 m	30 m	20 m	30 m
1	Pelat Simpul	769,89	1141,97	625,37	890,45
2	Pelat Kopel	918,59	2203,65	1113,43	2371,49
Jumlah Total		1688,48	3345,62	1738,80	3261,94

Tabel 11. Perhitungan Berat Total

No	Jenis Perhitungan (kg)	Model Kuda-kuda Paralel		Model Kuda-kuda Segitiga	
		20 m	30 m	20 m	30 m
1	Pelat Simpul	769,89	1141,97	625,37	890,45
2	Pelat Kopel	918,59	2203,65	1113,43	2371,49
3	Berat Kontruksi	33528,38	60181,35	34816,75	66217,94
Jumlah Total		35216,86	63526,97	36555,55	69479,88

Tabel 12. Hasil Perhitungan Penurunan/Selisih Berat Total

Jenis Perhitungan	Model Kuda-kuda Paralel		Model Kuda-kuda Segitiga	
	20 m		30 m	
Berat Total (kg)	35216,86	36555,55	63526,97	69479,88
Selisih	1338,69		5952,92	
Persentase(%)	3,66		8,57	

Berdasarkan hasil perhitungan rangka batang kuda-kuda dari beberapa tipe yang menggunakan profil *double* siku sama kaki, pada Tabel 12 menunjukkan bahwa kebutuhan berat total kuda-kuda pada bentang 20 m dengan jarak portal 6 m, Tipe I model paralel lebih efisien dari pada Tipe II model segitiga dengan selisih berat 1338,69 kg atau prosentase sebesar 3,66%, Sedangkan pada bentang 30 m Tipe III model paralel lebih efisien dari pada Tipe IV model segitiga dengan selisih berat 5952,92 kg atau prosentase sebesar 8,57%.

Lendutan dari pemodelan dan analisa SAP2000 v.14.0.0 kombinasi maksimum beban mati dan beban hidup (DSTL2) untuk dua tipe kuda-kuda baja bentang 20 m dan 30 m diperoleh lendutan yang terjadi, yaitu:

- Bentang 20 m $\rightarrow (20000/240 = \delta_{izin} = 83,33 \text{ mm})$
 Tipe I paralel $= (6,11 \text{ mm} < \delta_{izin} = 83,33 \text{ mm})$
 Tipe II segitiga $= (8,94 \text{ mm} < \delta_{izin} = 83,33 \text{ mm})$
- Bentang 30 m $\rightarrow (30000/240 = \delta_{izin} = 125 \text{ mm})$
 Tipe III paralel $= (7,72 \text{ mm} < \delta_{izin} = 125 \text{ mm})$
 Tipe IV segitiga $= (10,15 \text{ mm} < \delta_{izin} = 125 \text{ mm})$

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan pada grafik berat total terhadap variasi bentangan, maka dalam perencanaan ini bahwa rangka kuda-kuda model paralel lebih efisien dari model segitiga karena adanya perbedaan dimensi profil dan panjang batang pada kedua jenis model kuda-kuda.

Saran

Mengingat dari hasil perhitungan semakin besar bentang rangka kuda-kuda paralel semakin ekonomis, maka disarankan untuk melakukan penelitian yang sejenis dengan bentangan yang lebih besar untuk mendapatkan hasil yang akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Azhari dkk, 2015.” Perbandingan Berat Kuda-kuda Rangka Baja Jenis Rangka Howe Dengan Rangka Pratt”, Journal, ISBN: 978-979-792-636-6, Pekanbaru: Universitas Riau.
- Budiman, Arif, 2011. “Perbandingan Volume Kebutuhan Material Kuda-kuda Rangka Atap Baja Tipe Pratt, Howe, Compound Fan”, Journal, ISSN: 1907-4360, Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2002. “Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung “, SNI 03-1729-2002, Bandung: 2002.
- Dewobroto, Wiryanto, 2013.” Komputer Rekayasa Struktur Dengan SAP2000”, Jakarta: Penerbit Lumina Press, 2013.
- Direkot Penyelidikan Masalah Bangunan, Departemen Pekerjaan Umum, Dirjen Cipta Karya. 1983. “Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung”, 1983, Bandung: 1983.
- Gunawan, Rudy, 1988. “Tabel Profil Kontruksi Baja”, Yogyakarta: Penerbit Kanisius, 1988.
- Istiqomah, Ade Tias, 2015. “Redesain Gedung Apartemen The Pinnacle Empat Lantai Jalan Pandanaran Semarang”, Tugas Akhir, Universitas Negeri Semarang.
- Jibja, Billah Wirat, 2016. **Perencanaan Ulang Struktur Baja Atap Tinggi Warehouse Menggunakan Sistem Rangka Batang Dengan Metode LRFD**, Tugas Akhir, Jakarta: Universitas Mercu Buana.
- Salmon, Charles G & Johnson, Jhon E, 1992. “Struktur Baja I : Desain dan Perilaku”, Jakarta: Penerbit Gramedia Pustaka Utama, 1992.
- Setiawan, Agus, 2015. “Analisa Struktur”, Jakarta: Penerbit Erlangga, 2015.